

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-321825

(43)Date of publication of application : 03.12.1996

(51)Int.Cl. H04J 14/00
 H04J 14/02
 H04B 10/17
 H04B 10/16
 H04B 10/08
 // H01S 3/103

(21)Application number : 08-061353

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 18.03.1996

(72)Inventor : MIYAJI MASAHIRO
 OSHIMA SHIGERU

(30)Priority

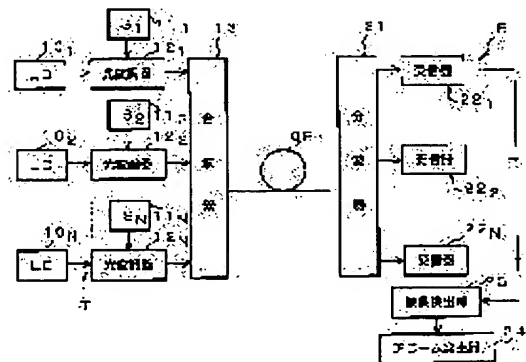
Priority number : 07 63097 Priority date : 22.03.1995 Priority country : JP

(54) WAVELENGTH MULTIPLEX LIGHT TRANSMISSION DEVICE AND OPTICAL REPEATER

(57)Abstract:

PURPOSE: To issue an abnormality warning when wavelength deviation between a transmission wavelength and a wavelength giving the minimum loss of a branching filter becomes more than an allowance value and to previously prevent the deterioration of reception sensitivity owing to wavelength deviation.

CONSTITUTION: The branching filter 21 branching wavelength multiplex signal light transmitted through an optical fiber for the respective wavelengths, receivers 221-22N receiving the output light of the branching filter 21 and a wavelength detection part 23 detecting wavelength deviation between the wavelength giving the minimum loss of the branching filter 21 and the transmission wavelength are provided. An alarm generator 24 judging abnormality when wavelength deviation detected by the wavelength detection part 23 becomes more than the allowable value and issues the alarm is provided.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-321825

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 12 月 3 日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J	14/00		H 0 4 B 9/00	E
	14/02		H 0 1 S 3/103	
H 0 4 B	10/17		H 0 4 B 9/00	J
	10/16			K
	10/08			

審査請求 有 請求項の数18 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-61353

(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 3 月 18 日

(31) 優先権主張番号 特願平7-63097

(32) 優先日 平 7 (1995) 3 月 22 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 宮地 正英

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 大島 茂

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株

式会社東芝研究開発センター内

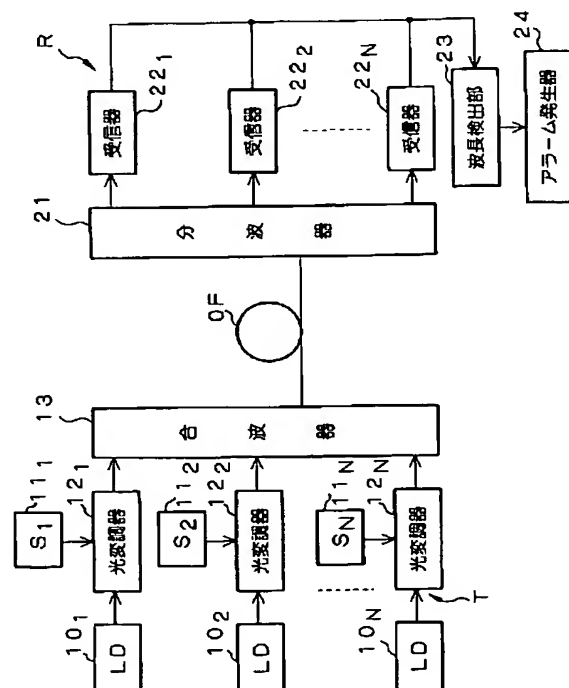
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 波長多重光伝送装置および光中継器

(57) 【要約】

【目的】 送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれが許容値以上になった場合に異常警報を発生し、波長ずれによる受信感度劣化を未然に防ぐ機能を有する波長多重光伝送装置を提供することにある。

【構成】 光ファイバを介して伝送されてきた波長多重信号光を各波長毎に分波する分波器 2 1 と、この分波器 2 1 の出力光を受信する受信器 2 2₁ ~ 2 2_N と、分波器 2 1 の最小損失を与える波長と送信波長との波長ずれを検出する波長検出部 2 3 と、この波長検出部 2 3 により検出された波長ずれが許容値以上になったときに異常を判断し、アラームを発生するアラーム発生器 2 4 とにより構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバを介して伝送されてきた波長多重信号光を各波長毎に分波する分波手段と、この分波手段の出力光を受信する受信器と、前記分波手段の最小損失を与える波長と送信波長との波長ずれを検出する波長検出手段と、この波長検出手段により検出された波長ずれが許容値以上になったときに異常を判断し、報知する手段とを具備することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 2】 前記波長検出手段は、前記分波手段の出力光の受信レベルの変化から波長ずれを検出することを特徴とする請求項 1 記載の波長多重伝送装置。

【請求項 3】 前記分波手段はその透過波長特性を制御する制御手段を有し、前記波長検出手段は前記制御手段へ制御信号を送出する手段を有し、前記制御信号に従って前記制御手段により前記分波手段の特性を変化させることにより波長ずれを検出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の波長多重伝送装置。

【請求項 4】 異なる発振波長を有する複数の半導体レーザと、前記半導体レーザの動作状態を制御するレーザ制御手段とが設けられ、前記波長検出手段は、前記レーザ制御手段へ制御信号を送信する手段を有し、前記受信器の受信信号に基づき前記半導体レーザの動作状態の変化から波長ずれを検出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載のいずれか 1 に記載の波長多重伝送装置。

【請求項 5】 光ファイバを介して伝送されてきた波長多重信号光を増幅し、増幅した波長多重信号光を前記分波手段に入力する増幅手段と、前記分波手段へ入力された波長多重信号光の信号光レベルに基づき前記増幅手段のゲインを制御するゲイン制御手段とを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 に記載の波長多重伝送装置。

【請求項 6】 発振波長の異なる複数の半導体レーザと、この半導体レーザの動作状態を監視する第 1 の監視手段と、送信波長の基準となる波長基準器と、この波長基準器に基づき前記半導体レーザの発振波長を監視する第 2 の監視手段と、第 1 および第 2 の監視手段からの監視情報に基づき前記半導体レーザの発振波長が前記波長基準器よりも許容値以上にずれを生じた場合に異常であると判断し、報知する手段とを具備することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 7】 前記波長基準器は、光合波器であることを特徴とする請求項 6 記載の波長多重伝送装置。

【請求項 8】 発振波長の異なる複数の半導体レーザと、その半導体レーザの動作状態を監視する第 1 の監視手段と、前記半導体レーザの出力光を合波して波長多重信号光を得る合波手段と、光ファイバを介して伝送されてきた前記波長多重信号光を各波長毎に分波する分波手段と、この分波手段の出力光を受信する受信器と、前記分波手段の最小損失を与える波長と送信波長とのずれ

を検出する波長検出手段と、前記波長ずれが許容値以上になった場合に異常であると判断する第 1 の判断手段と、この第 1 の判断手段が異常と判断した場合に前記第 1 の監視手段からの監視情報と前記波長検出手段からの出力信号に基づき送信側もしくは受信側のいずれが異常であるかを特定する手段とを具備することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 9】 送信波長の基準となる波長基準器と、この波長基準器に基づき前記半導体レーザの発振波長を監視する第 2 の監視手段と、前記第 1 の監視手段および第 2 の監視手段からの監視情報に基づき前記半導体レーザの発振波長が前記波長基準器よりも許容値以上にずれを生じた場合に異常であると判断する第 2 の判断手段と、前記第 1 の判断手段が異常と判断した場合に前記第 1 および第 2 の監視手段からの監視情報と前記波長検出手段の出力信号に基づき送信側もしくは受信側のいずれが異常であるかを特定する手段とを具備することを特徴とする請求項 8 記載の波長多重伝送装置。

【請求項 10】 前記波長基準器は、光合波器であることを特徴とする請求項 9 記載の波長多重伝送装置。

【請求項 11】 異なる発振波長を有する複数の半導体レーザと、この半導体レーザからの出力光を合波して波長多重信号光を得る合波手段と、この合波手段の出力光より前記半導体レーザの発振波長を検出する波長検出手段と、この波長検出手段の出力に基づいて前記半導体レーザの波長を前記合波手段の最小損失を与える波長に制御する制御手段とを具備することを特徴とする請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 に記載の波長多重伝送装置。

【請求項 12】 異なる発振波長を有する複数の半導体レーザと、この半導体レーザからの出力光を合波し波長多重信号光を得る合波手段と、光ファイバを介して伝送されてきた前記波長多重信号光を各波長毎に分波する分波手段と、この分波手段の出力光を受信する受信器と、この受信器における信号対雑音比を検出する手段と、検出された信号対雑音比が最大となるように送信波長を制御する制御手段とを具備することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 13】 異なる波長を有する複数の半導体レーザと、これら半導体レーザとは異なる波長を有する予備の半導体レーザと、前記半導体レーザの出力光を合波して波長多重信号光を得る合波手段と、この波長多重信号光を伝送する光ファイバと、前記波長多重信号光を各波長毎に分波する分波手段と、この分波手段の最小損失を与える波長と前記半導体レーザの波長とのずれを検出する波長検出手段と、この波長ずれが許容値以上になった場合に異常であると判断する判断手段と、この判断手段が異常と判断した場合に送信信号を前記予備の半導体レーザに切り替えることを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 14】 発振波長の異なる複数の半導体レーザと、前記複数の半導体レーザにそれぞれ対応して設けら

れた周波数の異なる交流信号を発生する複数の交流信号源と、前記交流信号源からの交流信号に基づいて前記半導体レーザの出力光をそれぞれ強度変調する変調手段と、前記半導体レーザの出力光を合波して波長多重光信号を得る合波手段と、前記合波手段からの波長多重光信号の一部を受光して電気信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段の出力信号から前記複数の交流信号源より発生される交流信号の周波数成分をそれぞれ抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された周波数成分に基づいて前記半導体レーザの各々の発振波長を前記合波手段の最小損失を与える波長に制御する制御手段とにより構成されることを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項 15】 発振波長の異なる複数の半導体レーザと、前記複数の半導体レーザにそれぞれ対応して設けられた周波数の異なる交流信号を発生する複数の交流信号源と、前記交流信号源からの交流信号に基づいて前記半導体レーザの出力光をそれぞれ強度変調する変調手段と、前記半導体レーザの出力光を合波して波長多重光信号を得る合波手段と、前記合波手段からの波長多重光信号の一部を受光して電気信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段の出力信号から前記複数の交流信号源より発生される交流信号の周波数成分をそれぞれ抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された周波数成分に基づいて前記半導体レーザの発振波長を前記合波手段の最小損失を与える波長に制御する制御手段と、前記制御手段による前記複数の半導体レーザに対する発振波長制御のうちの所定数以上が同一方向への制御である場合には前記合波手段が異常と判断する手段とにより構成されることを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項 16】 発振波長の異なる複数の半導体レーザと、前記複数の半導体レーザにそれぞれ対応して設けられた周波数の異なる交流信号を発生する複数の交流信号源と、前記交流信号源からの交流信号に基づいて前記半導体レーザの出力光をそれぞれ強度変調する変調手段と、前記半導体レーザの出力光を合波して波長多重光信号を得る透過波長特性が制御可能な合波手段と、前記合波手段からの波長多重光信号の一部を受光して電気信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段の出力信号から前記複数の交流信号源より発生される交流信号の周波数成分をそれぞれ抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された周波数成分に基づいて前記半導体レーザの発振波長を前記合波手段の最小損失を与える波長に制御する第 1 の制御機能とこの第 1 の制御機能による前記複数の半導体レーザに対する発振波長制御のうちの所定数以上が同一方向への制御である場合に前記合波手段の透過波長特性を制御する第 2 の制御機能を有する制御手段とにより構成されることを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項 17】 発振波長の異なる複数の半導体レーザ

と、前記複数の半導体レーザにそれぞれ対応して設けられた周波数の異なる交流信号を発生する複数の交流信号源と、前記交流信号源からの交流信号に基づいて前記半導体レーザの出力光をそれぞれ強度変調する変調手段と、前記半導体レーザの出力光を合波して波長多重光信号を得る合波手段と、前記合波手段からの波長多重光信号の一部を受光して電気信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段の出力信号から前記複数の交流信号源より発生される交流信号の周波数成分をそれぞれ抽出する抽出手段と、外気温を検出する検出手段と、前記抽出手段により抽出された周波数成分に基づいて前記半導体レーザの発振波長を前記合波手段の最小損失を与える波長に制御する第 1 の制御機能と前記検出手段により検出される外気温変動に基づき前記合波手段の温度特性を補償するように該合波手段を制御する第 2 の制御機能とを有する制御手段とを具備することを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項 18】 光ファイバ増幅器と、前記光ファイバ増幅器の出力の一部を受光して電気信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段の出力信号から波長多重光伝送装置の複数の交流信号源より発生される交流信号の周波数成分をそれぞれ抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された各々の周波数成分のパワーを検出する複数の検波手段と、前記検波手段の出力に基づいて前記光ファイバ増幅器のゲインを制御する制御手段とを具備することを特徴とする請求項 14 乃至 17 のいずれか 1 に記載の波長多重光伝送装置から伝送される波長多重光信号を中継する光中継器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、波長多重 (Wavelength Division Multiplexing: WDM) 技術を用いた光伝送システムに係り、特に波長多重光伝送装置およびこれと組み合わせる光中継器に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光ファイバ増幅器の進歩に伴い、長距離・大容量伝送の研究が盛んに行われている。なかでも波長多重光伝送方式は、1 チャンネル当たりの伝送容量を上げることなく波長領域で光信号を多重することにより、飛躍的に全体の伝送容量を増加できるために、大変魅力的な方式として注目されている。

【0003】光信号を波長 (もしくは周波数) 軸上で高密度に多重を行う場合、送信波長および光合分波器の波長特性の変動は受信感度劣化を引き起こすため、送信部・受信部を含めたシステム全体での波長監視は必須の技術である。

【0004】従来、送信波長の監視は光源として用いる半導体レーザの動作温度、注入電流および出力パワーをモニターすることによって行われていた。しかしながらこれだけの監視情報では半導体レーザの経年劣化に対応

できない。

【0005】そこで、光共振器等を波長基準器として用いて半導体レーザの発振波長をモニターし、注入電流や動作温度にフィードバック制御を施して半導体レーザの波長安定化を行うことが考えられている（例えば特開昭 64-15992）。このような波長安定化では、半導体レーザの出力光が光カプラにより合波され、波長多重光信号として光ファイバーに伝送されると共にその一部がマッハツェンダ干渉計に結合される。このマッハツェンダ干渉計の出力光に基づいて半導体レーザの波長が一括制御される。

【0006】しかしながら、このような波長安定化においては、波長安定化制御が不安定になった場合の対策に対してはなにも施されていないため、制御が不安定になることにより送信波長にずれが生じた場合には受信感度劣化を生じてしまうという問題が生じた。また、波長多重伝送においては受信部において各波長を分波するための光フィルタが必須であり、かつその波長特性の安定度は受信感度の点で非常に重要である。そこで、光フィルタで分波した後の受信パワーが最大となるように光フィルタの透過波長特性を制御する手法が考えられている（例えば特開平 6-222237）。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の光フィルタの透過波長特性を制御する方法では、送信波長の変動に伴い光フィルタの透過波長特性も変動してしまうので、チャンネル間クロストークが増大し、受信感度劣化が生じるという問題が生じた。

【0008】また、従来の波長多重光伝送装置においては、送信部において波長安定化動作が不安定になった場合の対策が施されていないため、波長制御が不安定になった場合に受信感度劣化が生じるという問題が生じた。

【0009】さらに、受信部において波長多重信号光を各波長毎に分波する光フィルタの透過波長特性を送信波長に安定化していたために、送信波長がずれた場合にチャンネル間クロストークが増大し、受信感度劣化が生じるという問題が生じた。

【0010】さらに、従来の波長多重光伝送装置においては、半導体レーザの波長安定化を行う際に、マッハ・ツェンダ干渉計などのような光素子を波長基準として用いて全ての半導体レーザの波長を一括制御しているため、波長の引き込み範囲が波長間隔以下に制限されるという問題があった。

【0011】さらに、マッハ・ツェンダ干渉計のような光素子は温度依存性が存在するため、外気温の影響により安定な波長制御が困難であるという問題があった。さらに、通常の半導体レーザは数 kHz から数百 kHz 程度の周波数範囲においては、周波数変調効率が非常に小さいために周波数変調がかからず、波長安定化ができないという問題が生じた。

【0012】さらに、従来の波長多重光信号を受信する光中継器においては、波長多重化されている光信号の数により光ファイバ増幅器でのゲインが異なるため、安定な受信ができないという問題が生じた。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は、送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれが許容値以上になった場合に異常警報を発生し、波長ずれによる受信感度劣化を未然に防ぐ機能を有する波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0014】本発明の他の目的は、送信部において送信波長の異常を検出し、波長ずれによる受信感度劣化を未然に防ぐ機能を有する波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0015】本発明の他の目的は、送信波長および光合分波器の透過波長特性を監視し、その波長ずれが許容値以上である場合には、送信部と受信部がお互いに監視情報を交換することにより異常箇所を特定する機能を有する波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0016】本発明の他の目的は、受信部における信号対雑音比が最大となるように送信波長を制御し、常にチャンネル間クロストークの抑圧された最良の受信状態を保持できる波長多重光波長多重伝送装置を提供することにある。

【0017】本発明の他の目的は、インサービス中に送信波長異常が発生してもサービスを継続できる波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0018】本発明の他の目的は、半導体レーザの波長引き込み範囲が波長間隔に制限されず、また波長安定化のために半導体レーザに施す変調の周波数に依存することのない波長安定化機構を有する波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0019】本発明の他の目的は、外気温の変動に対して波長変動の少ない波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0020】本発明の他の目的は、波長多重光信号の多重化されている光信号の数に依存せずに受信側で安定な受信を可能とする光中継器を提供することにある。

【0021】本発明によると、光ファイバを介して伝送されてきた波長多重信号光を各波長毎に分波する分波器と、この分波器の出力光を受信する受信器と、前記分波器の最小損失を与える波長と送信波長とのずれを検出し波長ずれに応じた信号を出力する波長検出部と、この波長ずれが許容値以上になった場合に異常であると判断し、報知する手段とを具備することを基本的な特徴とする波長多重光伝送装置が提供される。

【0022】本発明によると発振波長の異なる複数の半導体レーザと、その半導体レーザの動作状態を監視する第1の監視部と、送信波長の基準となる波長基準器と、この波長基準器に基づき前記半導体レーザの発振波長を

監視する第2の監視部と、第1および第2の監視部からの監視情報に基づき前記半導体レーザの発振波長が波長基準器よりも許容値以上にずれを生じた場合に異常であると判断する手段とを具備する波長多重光伝送装置が提供される。

【0023】本発明によると、発振波長の異なる複数の半導体レーザと、その半導体レーザの動作状態を監視する第1の監視部と、半導体レーザの出力光を合波して波長多重信号光を得る合波器と、光ファイバを介して伝送されてきた波長多重信号光を各波長毎に分波する分波器と、この分波器の出力光を受信する受信器と、前記分波器の最小損失を与える波長と送信波長とのずれを検出する波長検出器と、この波長ずれが許容値以上になった場合に異常であると判断する第1の判断部と、この第1の判断部が異常と判断した場合に第1の監視部からの監視情報と波長検出器からの出力信号に基づき送信側もしくは受信側のいずれが異常であるかを特定する手段とを具備する波長多重光伝送装置が提供される。

【0024】本発明によると、送信波長の基準となる波長基準器と、この波長基準器に基づき半導体レーザの発振波長を監視する第2の監視部と、前記第1の監視部および第2の監視部からの監視情報に基づき半導体レーザの発振波長が波長基準器よりも許容値以上にずれを生じた場合に異常であると判断する第2の判断部と、第1の判断部が異常と判断した場合に前記第1および第2の監視部からの監視情報と波長検出器の出力信号に基づき送信側もしくは受信側のいずれが異常であるかを特定する手段とを具備する波長多重光伝送装置が提供される。

【0025】本発明によると、異なる発振波長を有する複数の半導体レーザと、この半導体レーザからの出力光を合波して波長多重信号光を得る合波器と、この合波器の出力光より半導体レーザの発振波長を検出する波長検出器と、この波長検出器の出力に基づいて半導体レーザの波長を合波器の最小損失を与える波長に制御する制御回路と、第1の判断部が異常と判断した場合に、第1の監視情報と第1の波長検出器からの出力信号に基づき送信側もしくは受信側のいずれが異常であるかを特定し、報知する手段とを具備する波長多重光伝送装置が提供される。

【0026】本発明によると、異なる発振波長を有する複数の半導体レーザと、この半導体レーザからの出力光を合波し波長多重信号光を得る合波器と、光ファイバを介して伝送されてきた波長多重信号光を各波長毎に分波する分波器と、この分波器の出力光を受信する受信器と、この受信器における信号対雑音比を検出する手段と、検出された信号対雑音比が最大となるように送信波長を制御する制御回路とを具備する波長多重光伝送装置が提供される。

【0027】本発明によると、異なる波長を有する複数の半導体レーザと、これらとは異なる波長を有する予備

の半導体レーザと、半導体レーザの出力光を合波して波長多重信号光を得る合波器と、この波長多重信号光を伝送する光ファイバと、波長多重信号光を各波長毎に分波する分波器と、この分波器の最小損失を与える波長と半導体レーザの波長とのずれを検出する波長検出器と、この波長ずれが許容値以上になった場合に異常であると判断する判断部と、この判断部が異常と判断した場合に送信信号を予備の半導体レーザに切り替えるスイッチ部を具備する波長多重光伝送装置が提供される。

【0028】本発明によると、異なる発振波長を有する複数の半導体レーザと、これら複数の半導体レーザにそれぞれ対応して設けられた周波数の異なる交流信号を発生する複数の交流信号源と、これらの交流信号源からの交流信号に基づいて半導体レーザの出力光をそれぞれ強度変調する変調手段と、半導体レーザの出力光を合波して波長多重信号光を得る合波手段と、この合波手段からの波長多重信号光の一部を受光して電気信号に変換する光電変換手段と、この光電変換手段の出力信号から複数の交流信号源より発生される交流信号の周波数成分をそれぞれ抽出する手段と、この手段により抽出された周波数成分に基づいて半導体レーザの各々の発振波長を合波手段の最小損失を与える波長に制御する制御手段とを具備する波長多重光伝送装置が提供される。

【0029】本発明によると、波長多重光伝送装置に、半導体レーザの発振波長を合波器の最小損失を与える波長に制御する第1の制御機能とは別に、この第1の制御機能による複数の半導体レーザに対する発振波長制御のうちの所定数以上が同一方向への制御である場合には合波器の透過波長特性を制御する第2の制御機能を有する制御部が設けられる。

【0030】本発明によると、波長多重光伝送装置に、半導体レーザの発振波長を合波器の最小損失を与える波長に制御する第1の制御機能とは別に、外気温を検出し、外気温変動に基づき合波器の温度特性を補償するように合波器を制御する第2の制御機能を有する制御部が設けられている。

【0031】また、本発明によると、波長多重光伝送装置から伝送される波長多重光信号を増幅する光ファイバ増幅器と、この光ファイバ増幅器の出力の一部を受光して電気信号に変換する光電変換部と、この光電変換部の出力信号から波長多重光伝送装置の複数の交流信号源より発生される交流信号の周波数成分をそれぞれ抽出する手段と、この手段により抽出された各々の周波数成分のパワーを検出する複数の検波手段と、これらの検波手段の出力に基づいて前記光ファイバ増幅器のゲインを制御する制御手段とを具備する光中継器が提供される。

【0032】

【作用】本発明に係る波長多重光伝送装置では、送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれを監視しており、分波器の最小損失を与える波長と送信波長が

10

20

30

40

50

一致していれば、チャンネル間クロストークによる受信感度劣化が最小に抑えられる。従って、上記の波長ずれが許容値以上になった場合に異常信号を発生すれば、波長ずれによる受信感度劣化を未然に防ぐことができる。

【0033】本発明に係る波長多重光伝送装置では、送信部において光源として用いている半導体レーザの動作温度、注入電流及び出力パワーといった動作状態の監視に加え、波長基準器を用いて各々の半導体レーザの発振波長を監視し、半導体レーザの発振波長が波長基準器からずれた場合、半導体レーザの動作状態に異常が観測されれば、半導体レーザが異常であると判断できる。また、半導体レーザの動作状態に異常がなければ、波長基準器が異常であると判断できる。従って、これらのすべての監視情報から半導体レーザの発振波長が異常なのか波長基準器が異常なのかを判断できる。

【0034】本発明に係る波長多重光伝送装置では、送信部において光源として用いている半導体レーザの動作温度、注入電流及び出力パワーといった動作状態の監視している。また受信部において送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれを監視している。受信部において波長ずれが観測された場合、半導体レーザの動作状態に異常が観測されれば送信部が異常であると判断し、それ以外は受信部の異常であると判断できる。従って、これらの監視情報から総合的に判断することによって異常箇所の特定ができる。

【0035】さらに、送信部において波長基準器を用いて各々の半導体レーザの発振波長を監視し、この監視情報を判断材料として加えることにより異常箇所の特定の精度が向上する。

【0036】本発明に係る波長多重光伝送装置では、受信部において受信信号の信号対雑音比を監視し、受信信号の信号対雑音比は、受信感度を決定する重要な指針であるので、信号対雑音比が最大となるように送信波長を制御することによって、チャンネル間クロストークの少ない最良の受信状態が実現できる。

【0037】本発明に係る波長多重光伝送装置では、インサービス中に送信波長に異常が発生した場合には、別の波長を有する予備の送信器にサービスを切り替える。従ってインサービス中に送信波長異常が発生してもサービスを継続できる。

【0038】本発明に係る波長多重光伝送装置では、波長基準として合波器の透過特性を用いている。合波器は複数の入力ポートに入力される光を合波して1つの出力ポートに出力するものであり、1つの入力ポートから出力ポートを見た場合、最小損失を与える波長は1つしか存在しないので、半導体レーザの波長引き込み範囲は波長間隔に制限されることがなく、広い周波数に範囲にわたって確保される。

【0039】また、本発明では波長安定化のために各半導体レーザに施す変調を強度変調している。通常の半導

体レーザの強度変調効率は広い周波数範囲にわたって平坦であるために、半導体レーザにかかる変調信号の周波数に依存しない。

【0040】また、本発明では波長制御される各半導体レーザのうち所定数以上が同時に長波長側もしくは短波長側にシフトした場合には、波長基準である合波器の特性がずれたものと判断して、アラーム等を発生したり、合波器の波長透過特性を制御する。これにより波長基準を一定に保持し、安定な波長制御が可能となる。

【0041】さらに、本発明では外気温検出を行って外気温変動に伴う合波器の温度特性を補償するように合波器を制御することにより、外気温の変動に対して安定な波長制御が可能となる。

【0042】一方、本発明に係る光中継器では、波長多重光信号の多重化されている光信号のパワーを検出し、それに基づいて光ファイバ増幅器のゲインを制御することにより、着信光パワーは多重化される光信号の数によらず一定となり、安定な受信が可能となる。

【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面に基

づいて説明する。
【0044】図1に示す本発明の第1の実施例に従った波長多重光伝送装置では、送信部Tと受信部Rとが光ファイバOFによって結合されている。送信部Tは異なる発振波長のレーザ光をそれぞれ出力する複数の半導体レーザ(LD)10₁, 10₂, ..., 10_Nとこれら半導体レーザにそれぞれ光学的に結合され、送信信号源11₁, 11₂, ..., 11_Nからの送信信号S₁, S₂, ..., S_Nによりレーザ光をそれぞれ変調する光変調器12₁, 12₂, ..., 12_Nと光変調器からの変調光を多重化する合波器13とにより構成される。

【0045】受信部Rは送信部Tから光ファイバOFを介して送られる多重化レーザ光を受け、各波長毎に分波する分波器21とこの分波器の複数の出力部にそれぞれ接続され、異なる波長の受信レーザ光を電気信号にそれぞれ変換する複数の受信器22₁, 22₂, ..., 22_Nとで構成される。この受信部Rには、受信器の出力端子に接続され、分波器21の透過波長特性に基づき送信波長と分波器21の最小損失を与える波長とのずれΔλを検出する波長検出器23および波長のずれが許容値を越えたとアラームを発生するアラーム発生器24が設けられている。

【0046】上記構成の波長多重光伝送装置において、半導体レーザ(LD)10₁, 10₂, ..., 10_Nが異なる発振波長λ₁, λ₂, ..., λ_Nの出力光を光変調器12₁, 12₂, ..., 12_Nに出力すると、光変調器12₁, 12₂, ..., 12_Nはレーザ出力光を送信信号S₁, S₂, ..., S_Nに従ってそれぞれ変調する。変調光は、合波器13に入力され、ここで波長多重される。合波器13の出力は、光ファイバOFを介して受信部Rへ

伝送される。

【0047】受信部Rにおいては、分波器21で波長多重信号光は各波長毎に分波され、それぞれ受信器22₁, 22₂, ..., 22_Nで受信される。受信器22₁, 22₂, ..., 22_Nで受信された信号の一部は波長検出部23に入力され、分波器11の透過波長特性に基づき送信波長と分波器21の最小損失を与える波長とのずれ $\Delta\lambda$ が検出される。波長検出器20で検出された波長ずれ $\Delta\lambda$ が許容値以上になった場合に波長検出部20はアラーム発生器30に異常信号を送出し、アラームを発生させる。

【0048】このように、本実施例の波長多重伝送装置は、送信波長と分波器の分波特性との波長ずれを検出し、波長ずれが許容値以上になった場合にアラームを発生させることによって、波長ずれによる受信感度劣化を未然に防ぐことができる。

【0049】図2には本発明の第2の実施例に従った波長多重伝送装置の受信部Rが示されている。この実施例によると、分波器21からの信号光を受ける受信器22₁, ..., 22_Nの各々は光電変換器22aおよびこの光電変換器22aの出力端に接続されたデータ再生器22b並びに受信レベル検出器22cにより構成される。波長検出器23は受信器22₁, ..., 22_Nの各々の受信レベル検出器22cの出力端子に接続されるスイッチ回路23aとスイッチ回路23aを介して受信器に選択的に接続され、受信信号レベルと基準電圧 r_{ef} とを比較する比較器23bとこの比較器23bの出力端子に接続されるコントローラ23cによって構成される。

【0050】上記構成の受信部Rによると、送信部Tから光ファイバOFを介して送られる光信号は光分波器21により各波長毎に分波され、それぞれ受信器22₁, ..., 22_Nに入力される。各受信器では、分波光は光電変換器22aにより電気信号に変換される。光電変換器の出力は2分岐され、一方はデータ再生部22bへ入力され、送信データとして再生される。他方は受信レベル検出器22cへ入力される。受信レベル検出器22cは受信信号に基づいて受信分波光のパワーを検出し、受信分波光のパワーに応じた電圧を出力する。

【0051】受信レベル検出器22cの出力電圧は波長検出器23へ入力される。波長検出部23では、コントローラ23cからの制御信号に応じてスイッチ回路23aにより1チャンネルのみが選択され、選択されたチャンネルの電圧信号が比較器23bにおいて波長ずれの許容値に対応した基準電圧 r_{ef} と比較される。比較器23bの出力はコントローラ23cに入力され、コントローラ23cは受信レベル検出器出力が基準電圧以下になった場合にアラーム発生器24へ異常信号を送出する。アラーム発生器24では、コントローラ23cからの異常信号に基づきアラームを発生させる。

【0052】図2に示す構成により、光分波器21の透

過波長特性を用いて送信波長と光分波器21の最小損失を与える波長との波長ずれを検出でき、異常を報知することができる。

【0053】図3に本発明の第3の実施例に従った波長多重伝送装置の受信部Rが示されている。この実施例の説明では、図2の実施例と同一部分には同一符号を付してその説明を省略する。

【0054】受信レベル検出器22aの出力は、波長検出器23へ入力され、コントローラ23cからの制御信号に応じてスイッチ回路23aにより1チャンネルのみが選択され、検出出力が比較器23bによってある設定電圧と比較される。比較器23bの出力はコントローラ23cへ入力され、コントローラ23cは比較器23bにおいて受信レベルが設定電圧よりも小さくなった分波器制御部25へ制御信号を出力する。分波器制御部25では、コントローラ23cからの制御信号に従い分波器21の動作温度を変化させ、受信レベル検出器22cの出力が最大となるように分波器21の透過波長特性をシフトさせる。この場合、分波器21にはペルチェ素子が取り付けられており、このペルチェ素子によって分波器21の動作温度が制御される。

【0055】分波器制御部25は分波器21の動作温度の変化量（透過波長特性のシフト量）に応じた出力電圧をコントローラ23cへ出力する。コントローラ23cでは、分波器制御部25からの出力電圧から波長ずれを検出し、その波長ずれが許容値以上である場合にはアラーム発生器24へ異常信号を出力する。

【0056】この第3の実施例の構成によっても、光分波器の透過波長特性を用いて送信波長と光分波器の最小損失を与える波長との波長ずれを検出できる。

【0057】図4には本発明の第4の実施例に従った波長多重伝送装置が示されている。この実施例において、図1乃至図3の実施例と同一部分には同一符号を付してその説明を省略する。

【0058】この実施例では、各受信器の受信レベル検出器22cの出力は、波長検出部23へ入力され、スイッチ回路23aで1チャンネルのみが選択され、比較器23bによってある設定電圧と比較される。比較器23bの出力はコントローラ23cに入力され、受信レベルが設定電圧よりも小さくなると、コントローラ23cは制御信号専用線Lを介して波長制御部26へ波長制御信号を送出する。

【0059】波長制御部26では、波長制御信号に従って受信レベル検出器22cの出力が最大となるように半導体レーザ10₁, 10₂, ..., 10_Nの動作状態（例えば動作温度）を変化させることにより発振波長を制御する。半導体レーザ10₁, 10₂, ..., 10_Nは、動作状態の変化量をデータの一部として受信部Rへ送出する。

【0060】受信部Rでは、半導体レーザの動作状態の変化量はデータの一部として送信されるので、半導体レ

ーザの動作状態の変化量は、受信レベル検出器 22c ではなくデータ再生器 22b で検出される。データ再生器 22b で検出された変化量はコントローラ 23c へ送出され、波長ずれが検出される。即ち、コントローラ 23c では、半導体レーザの動作状態の変化量（出力光レベルの変化量）からそのチャンネルの波長ずれを検出し、これが許容値以上であれば、コントローラ 23c はアラーム発生器 24 へ異常信号を出力する。

【0061】この場合においては、半導体レーザの動作状態の変化から送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれが検出される。

【0062】尚、上記実施例においては、受信レベルの検出はレーザ光が分波器 21 を透過した後の光パワーレベルを検出することによって行ったが、半導体レーザ毎に異なる周波数を有する交流信号で半導体レーザの出力光を強度変調しておき、その各成分を抽出することによって行ってもよい。

【0063】また、上記実施例においては、波長制御信号を制御信号専用線を介して送出したが、対向する通信回線を介して送出してもよい。

【0064】図 5 を参照して本発明の第 5 の実施例の波長多重光伝送装置の受信部を説明する。

【0065】この実施例においては、光ファイバ OF を介して伝送されてきた波長多重信号光は、光増幅器 31 で増幅される。光増幅器 31 の出力光は、カプラ 32 で一部分岐され、光パワー検出器 33 へ入力され、残りは分波器 21 へ入力される。光パワー検出器 334 では、光増幅器 31 の出力光パワーを検出し、検出された光パワーに応じた電圧をゲイン制御器 34 へ出力する。ゲイン制御器 34 は、光増幅器 31 の出力光パワーが一定となるように光増幅器 31 のゲインを制御する。分波器 21 は、波長多重信号光を各波長毎に分波し、各々受信器 22₁, ..., 22_N へ入力する。各受信器では受信光を電気信号に変換し、受信レベルを検出する。波長検出部 23 は、検出された受信レベルから送信波長と分波器 21 の最小損失を与える波長との波長ずれを検出し、このずれが許容値以上であった場合にはアラーム発生器 24 に異常信号を出力する。

【0066】本実施例においては、分波器 21 への入力光パワーが一定に保たれるので、分波後の光パワーレベルの変動は、波長ずれによる分波器 21 での損失増加に対応する。従って、伝送路中の光パワーの変動が生じても安定に送信波長と分波器 21 の最小損失を与える波長との波長ずれを検出できる。

【0067】尚、ゲインの制御は、光増幅器 31 のポンプ光の出力パワーを制御することによって行う。また、光増幅器 31 の出力に可変光減衰器を設けて、その減衰量を制御してもよい。

【0068】図 6 を参照して本発明の第 6 の実施例に従ったを説明する。

【0069】半導体レーザ 10₁, ..., 10_N にそれぞれ対応して設けられた交流信号源 14₁, ..., 14_N は、異なる周波数 (f_1, \dots, f_N) の交流信号を発生する。これらの交流信号は、加算器 15₁, ..., 15_N でバイアス回路 16₁, ..., 16_N の出力に重畳され、半導体レーザ 10₁, ..., 10_N に注入される。これにより、半導体レーザ 10₁, ..., 10_N の出力光は、交流信号源 14₁, ..., 14_N が発生する交流信号に応じて強度変調される。半導体レーザ 10₁, ..., 10_N の出力光は、合波器 21 で合波された後、カプラ 27 で一部分岐され、波長基準器 28 を透過後、波長監視部 40 に供される。ここで波長基準器 28 としては光共振器などを用いる。

【0070】波長監視部 40 では、光電変換器 41 の出力は、増幅器 42 により増幅され、さらに N 分岐された後、交流信号源 14₁, ..., 14_N が発生する交流信号と同一周波数に中心周波数を有するバンドパスフィルタ 43₁, ..., 43_N に入力される。これらのバンドパスフィルタ 43₁, ..., 43_N の出力は、同期検波器 44₁, ..., 44_N で同期検波される。

【0071】同期検波器 44₁, ..., 44_N の出力は、ローパスフィルタ部 45₁, ..., 45_N で不要な高周波成分を除去した後、マイクロプロセッサ 46 に入力される。マイクロプロセッサ 46 では、ローパスフィルタを介して入力される同期検波出力値に基づき、半導体レーザ 10₁, ..., 10_N と合波器 21 の最小損失を与える波長との波長ずれを検出し、その波長ずれに応じた電圧を異常判断部 47 へ出力する。異常判断部 47 は、波長ずれが許容値以上となった場合にアラーム発生器 48 に異常信号を出力する。アラーム発生器 48 では、異常信号を受信したらアラームを発生し、外部に通知する。

【0072】本実施例においては、送信波長の波長ずれを検出し、その波長ずれが許容値以上となった場合にアラームを発するので、波長ずれによる受信感度劣化を未然に防ぐことができる。

【0073】尚、上記実施例においては波長基準器を用いたが、合波器の透過波長特性を波長基準器として用いてもよい。

【0074】図 7 を参照して本発明の第 7 の実施例に従った波長多重伝送装置の送信部 T を説明する。本実施例では、図 6 の実施例と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0075】半導体レーザ 10₁, ..., 10_N の出力光は合波器 13 で合波される。合波器 13 の出力の一部はカプラ 27 で波長監視部 40 に入力される。波長監視部 40 では、各半導体レーザ 10₁, ..., 10_N の発振波長と合波器 13 の最小損失を与える波長との波長ずれを検出し、その波長ずれに対応した電圧を異常判断部 47 へ出力する。

【0076】動作状態監視部 17₁, ..., 17

10

20

30

40

50

n は、各半導体レーザーの動作温度、注入電流および出力パワーといった動作状態を監視し、その情報を異常判断部 47 へ出力する。異常判断部 47 は、動作状態監視部からの監視情報と波長監視部からの波長ずれに関する情報とから、送信波長のずれもしくは合波器の波長特性のずれを判断し、そのずれが許容値以上であった場合には異常信号を出力する。

【0077】本実施例においては、半導体レーザーの動作状態に関する情報も異常判断に用いているので、半導体レーザーの発振波長の異常か、もしくは波長基準として用いている合波器の波長特性の異常なのかを推定できる。

【0078】図 8 に本発明の第 8 の実施例の波長多重光伝送装置を説明する。

【0079】この実施例では、各半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ はその動作温度、動作電流および出力パワーといった動作状態を監視する動作状態監視部 $17_1, \dots, 17_N$ が設けられる。各動作状態監視部は半導体レーザーの動作温度、動作電流および出力パワーに応じた監視信号を異常判断部 47 へ出力する。

【0080】半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ の出力光は、合波器 13 により合波され光ファイバ OF を介して送信される。光ファイバ OF を介して送信された波長多重信号光は、分波器 21 で各波長毎に分波され、光受信器 $22_1, \dots, 22_N$ で受信される。波長検出部 23 は、各光受信器の受信レベルに基づいて、送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれを検出し、波長ずれが許容値以上になった場合に、異常判断部 47 へ異常信号を制御信号専用線 L を介して送出する。異常判断部 47 は、波長検出部 23 からの異常信号と動作状態監視部 $17_1, \dots, 17_N$ からの監視情報に基づいて送信波長が異常なのか、分波器が異常なのかを判断する。本実施例においては、波長ずれを検出するのみでなく、送信部 T および受信部 R のいずれが異常であるかを判断するため異常箇所が特定できる。尚、本実施例において、波長検出部から異常判断部 47 への異常信号の伝達には、制御信号専用線 L を用いたが、対向する通信回線を用いても良い。

【0081】図 9 に本発明の第 9 の実施例の波長多重光伝送装置を説明する。この実施例において、図 8 の実施例と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0082】半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ からの出力光は、合波器 13 で合波される。合波器 13 からの出力光の一部は、カプラ 32 で分岐され、波長監視部 40 へ入力される。波長監視部 40 では、合波器 13 の透過波長特性を波長基準として送信波長と合波器 13 の最小損失を与える波長との波長ずれを監視し、この波長ずれに応じた出力信号を異常判断部 47 に出力する。異常判断部 47 では、波長検出部 23 からの異常信号を受ける

と、この異常信号と動作状態監視部 $17_1, \dots, 17_N$ からの監視信号および波長監視部 40 からの監視信号に基づいて送信部が異常なのか、受信部が異常なのかを判断する。

【0083】本実施例においては、送信波長の監視情報も判断基準として用いているので、異常箇所特定の精度向上が図れる。

【0084】図 10 に本発明の第 10 の実施例の波長多重光伝送装置を説明する。この実施例において、図 8 および図 9 の実施例と同一部分には同一符号を付して、その説明を省略する。

【0085】半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ にそれぞれ対応して設けられた交流信号源 $14_1, \dots, 14_N$ は、異なる周波数 (f_1, f_2, \dots, f_N) の交流信号を発生する。これらの交流信号は、加算器 $15_1, \dots, 15_N$ でバイアス回路 $16_1, \dots, 16_N$ の出力に重畳され、半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ に注入される。これにより、半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ の出力光は、交流信号源 $14_1, \dots, 14_N$ が発生する交流信号に応じて強度変調される。

【0086】半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ の出力光は、合波器 13 で合波された後、カプラ 32 で一部分岐され光電変換器 41 に入力される。光電変換器 41 の出力は、増幅器 42 により増幅され、さらに N 分岐された後、交流信号源 $14_1, \dots, 14_N$ が発生する交流信号と同一周波数に中心周波数を有するバンドパスフィルタ $43_1, \dots, 43_N$ に入力される。これらのバンドパスフィルタの出力は、同期検波器 $44_1, \dots, 44_N$ で同期検波される。同期検波器の出力は、ローパスフィルタ $45_1, \dots, 45_N$ で不要な高周波成分を除去した後、マイクロプロセッサ 46 に入力される。マイクロプロセッサ部では、ローパスフィルタを介して入力される同期検波出力値に基づき、半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ の発振波長が合波器 13 の最小損失を与える波長となるように、半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ の温度を制御する。この制御により半導体レーザーの波長安定化が実現できる。

【0087】各半導体レーザー $10_1, \dots, 10_N$ の動作温度、注入電流および出力パワーといった動作状態は、動作状態監視部 $17_1, \dots, 17_N$ で監視される。

【0088】一方、光ファイバ OF を介して伝送された波長多重信号光は、分波器 21 で各波長毎に分波され、光受信器 $22_1, \dots, 22_N$ で受信される。波長検出部 23 は、各光受信器の受信レベルに基づいて送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれを検出し、この波長ずれが許容値以上となった場合に、異常判断部 47 に異常信号を制御信号専用線 L を介して送出する。異常判断部 47 は、波長検出部 23 からの異常信号と動作状態監視部 $17_1, \dots, 17_N$ からの監視情報に基づいて送信波長が異常なのか、分波器が異常なのかを判断

する。

【0089】本実施例においては、各送信波長は合波器の最小損失を与える波長に安定化されているので、波長検出部においては合波器の波長特性と分波器の波長特性との波長ずれのみを検出すればよいことになる。従って、波長監視機能の簡略化が図れる。

【0090】さらに動作状態監視部 17₁, ..., 17_N からの監視情報に基づいて各半導体レーザ 10₁, ..., 10_N の異常を検出できる。

【0091】図 11 に本発明の第 11 の実施例の波長多重光伝送装置を説明する。

【0092】半導体レーザ 10₁, ..., 10_N からの出力光は合波器 13 で合波され、波長多重信号光となる。光ファイバ OF を介して伝送されてきた波長多重信号光は分波器 21 で各波長毎に分波された後に各光受信器 22₁, ..., 22_N で受信される。各光受信器の出力の一部は信号対雑音比測定部 51 に供される。信号対雑音比測定部 51 では、受信信号の信号対雑音比を測定し、この比が最大となるように送信部にフィードバック制御信号を制御信号専用線 L を介して送出する。波長制御部 52 は、この制御信号に従い、各半導体レーザの送信波長を制御する。本実施例によると、各光受信器における信号対雑音比が最大となるように送信波長が制御されるので、他のチャンネルからのクロストークが最小となる状態での信号伝送が可能となる。尚、本実施例においてはフィードバック制御信号を制御信号専用線 L を介して送出したが、対向する通信回線を介して送出してもよい。図 12 に信号対雑音比測定系の具体例が示されている。これによると、分波器で分波された各波長 (λ_i , $i = 1, 2, \dots, N$) の光信号は光電変換器 61_i ($i = 1, \dots, N$) で電気信号に変換され、増幅器 62_i で増幅された後に 3 分岐される。分岐された信号はそれぞれ第 1 の識別回路 63_i、第 2 の識別回路 64_i およびクロック抽出回路 65_i に入力される。クロック抽出回路は、伝送信号のクロック成分を抽出し第 1 および第 2 の識別回路 63_i、64_i にクロック信号を供給する。第 1 の識別回路 63_i は、識別レベルの最適化がなされており、伝送されてきたデータを再生する。一方、第 2 の識別回路 64_i では、マイクロプロセッサ 67_i からの制御信号に基づいて識別レベルを変化させ、その識別レベルに基づいてデータを再生する。排他的 OR 回路 66_i は、第 1 および第 2 の識別回路 63_i、64_i で再生されたデータの排他的論理和をとる。マイクロプロセッサ 67_i は、排他的 OR 回路 66_i の出力に基づいて Q 値の計算を行い、計算された Q 値に対応した電圧を信号対雑音比測定部 51 へ出力する。信号対雑音比測定部 51 では、計算された Q 値より式 (1) に基づいて送信信号の信号対雑音比を計算する。

【0093】 $Q = 20 \log (S/N) \cdots (1)$

このように構成することで送信信号の信号対雑音比の測

定が可能となる。

【0094】図 13 に本発明に係る第 13 の実施例の波長多重光伝送装置を説明する。

【0095】この実施例によると、各送信信号 S_1, S_2, \dots, S_N はスイッチ回路 18₁, ..., 18_N を介して光変調器 12₁, ..., 12_N に入力される。半導体レーザ 10₁, ..., 10_N は各々異なる発振波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ を有し、その出力光は光変調器 12₁, 12₂, ..., 12_N で強度変調され合波器 13 で合波される。予備の半導体レーザ 10_{N+1} は上記半導体レーザとは異なる発振波長 λ_{N+1} を有し、光変調器 12_{N+1} を介して上記半導体レーザと同様に合波器 13 で合波される。合波器 13 の出力は光ファイバ OF を介して伝送され、分波器 21 で各波長毎に分波され、光受信器 22₁, ..., 22_N, 22_{N+1} でそれぞれ受信される。

【0096】波長検出部 23 は、光受信器 22₁, ..., 22_N, 22_{N+1} の各受信レベルに基づき送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれを検出し、この波長ずれが許容値以上になった場合には、制御信号専用線 L を介してスイッチ制御部 50 へ異常信号を送出する。

【0097】スイッチ制御部 50 では、この異常信号を受信すると、異常と判断されたチャンネルの送信信号を予備の波長 λ_{N+1} に切り替えるべく、スイッチ 18₁, ..., 18_N およびスイッチ 19 へ制御信号を出力する。

【0098】本実施例によれば、インサービス中に波長異常が発生しても、異常が発生したチャンネルの送信信号を予備の波長に切り替えることにより、サービスを中断させることなくシステムの回復が図れる。尚、本実施例においては、異常信号を制御信号専用線 L を介して送出したが、対向する通信回線を介して送出してもよい。図 14 は、本発明の第 14 の実施例に係る波長多重光伝送装置の構成を示す図である。同図において、半導体レーザ (LD) 111₁, 111₂, ..., 111_N にそれぞれ対応して設けられた交流信号源 112₁, 112₂, ..., 112_N は、異なる周波数 (f_1, f_2, \dots, f_N) の交流信号を発生する。ここで、周波数 f_1, f_2, \dots, f_N は、送信データ S_1, S_2, \dots, S_N の帯域外の低周波領域に設定される。これらの交流信号は、加算器 113₁, 113₂, ..., 113_N でバイアス回路 114₁, 114₂, ..., 114_N の出力に重畳され、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N に注入されるこれにより、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の出力光は、交流信号源 112₁, 112₂, ..., 112_N が発生する交流信号に応じて強度変調される。

【0099】半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の出力光は、外部変調器 130₁, 130₂,

..., 130_N において送信データ S_1, S_2, \dots, S_N によりそれぞれ変調された後、合波器 110 で波長多重される。合波器 110 としては例えば回析格子を用いた合波器を使用する。合波器 110 から出力される波長多重光信号は光カプラ 125 で二分岐され、一方は光ファイバ増幅器 140 により増幅された後、伝送用光ファイバ 100 に送出され、他方は光電変換器 125 に供給される。

【0100】光電変換器 125 の出力は増幅器 109 により増幅され、さらに n 分岐された後、交流信号源 112₁, 112₂, ..., 112_N が発生する交流信号と同一周波数に中心周波数を持つバンドパスフィルタ (BPF) 116₁, 116₂, ..., 116_N に供給される。すなわち、バンドパスフィルタ 116₁, 116₂, ..., 116_N では、光電変換器 125 の出力のうち交流信号源 112₁, 112₂, ..., 112_N が発生する交流信号と同一周波数 f_1, f_2, \dots, f_N の成分が抽出される。これらバンドパスフィルタ 116₁, 116₂, ..., 116_N の出力は、同期検波器 115₁, 115₂, ..., 115_N で交流信号源 112₁, 112₂, ..., 112_N から出力される交流信号とそれぞれ乗じられ、同期検波される同期検波器 115₁, 115₂, ..., 115_N の出力は、ローパスフィルタ (LPF) 117₁, 117₂, ..., 117_N により不要な高周波成分が除去された後、マイクロコンピュータ 20 に入力される。

【0101】マイクロコンピュータ 20 は、ローパスフィルタ 117₁, 117₂, ..., 117_N を介して入力される同期検波出力値に基づき、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の発振波長が合波器 110 の最小損失を与える波長となるように、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の温度を制御する。この制御によって、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長安定化が実現される。

【0102】即ち、図 15 のフローチャートに示されるように同期検波出力が取込まれ、取込んだ同期検波出力が最大値であるか判断される。この判断において、取込んだ同期検波出力値が最大値でなければ、最大となるように半導体レーザ LD の温度制御が行われる。最大値であれば、再び同期検波出力が取込まれる。

【0103】図 16 には、半導体レーザ LD の温度制御系が示されている。これによると、半導体レーザ LD に発熱体としてペルチェ素子 PE が取付けられており、このペルチェ素子 PE がマイクロコンピュータ 20 により制御されるドライバ 121 により駆動され、温度制御される。半導体レーザ LD の温度がペルチェ素子 PE に取付けられたサーミスタ TH により測定される。測定温度は、マイクロコンピュータ 20 に送られ、温度が半導体レーザのモニタされる。

【0104】図 17 に、合波器 110 の透過特性と同期

検波出力を示す。同図から明らかなように、同期検波出力が最大となるように半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の温度をマイクロコンピュータ 20 で制御すれば、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の発振波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ は合波器 110 の最小損失を与える波長に安定化されることが分かる。また、図 17 から合波器 110 の各入力ポートから出力ポートを見たときの波長に対する透過損失特性は、最小損失を与える波長が一つしか番在しないことが分かる。したがって、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ が隣接する半導体レーザの波長の領域まで変化しても、同期検波出力が最大となるように半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の温度を制御することにより、所望の波長に引き込むことができる。すなわち、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長引き込み範囲は波長間隔に依存せず、広い周波数範囲にわたって確保される。

【0105】このように、本実施例の波長安定化装置は波長引き込み範囲が波長間隔に依存せず、広い範囲にわたって確保されるため、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N に対してより安定した波長安定化制御が可能となる。

【0106】また、本発明では波長安定化のために半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N に施す変調は強度変調であるので、従来の波長多重光伝送装置で用いていた周波数変調と異なり、変調周波数に関係なく安定した制御ができる。

【0107】尚、上記実施例においては半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長制御のために温度を制御したが、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N への注入電流を制御することで波長制御を行ってもよい。

【0108】また、半導体レーザとして多電極レーザを用いる場合には、半導体レーザへの注入電流を制御することで、波長制御と出力パワー制御を同時に行うようにしてもよい。

【0109】図 18 は、本発明の第 15 の実施例に係る波長多重光伝送装置の送信部の構成を示している。この実施例では、図 14 の実施例と同一部分については同一符号を付し、その説明を省略する。

【0110】本実施例においては、増幅器 109 の出力が n 分岐された後、交流信号源 112₁, 112₂, ..., 112_N が発生する交流信号の周波数 f_1, f_2, \dots, f_N と同じ中心周波数を持つバンドパスフィルタ 116₁, 116₂, ..., 116_N に供給される。すなわち、バンドパスフィルタ 116₁, 116₂, ..., 116_N では、光電変換器 125 の出力のうち交流信号源 112₁, 112₂, ..., 112_N が発生する交流信号と同一周波数の成分、つまり波長安定化のために半導体レ

ーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N に施した強度変調の変調成分、即ち f_1, f_2, \dots, f_N の周波数成分がそれぞれ抽出される。これらバンドパスフィルタ 116₁, 116₂, ..., 116_N の出力は、検波器 150₁, 150₂, ..., 150_N でそれぞれ検波される。この場合、検波器 150₁, 150₂, ..., 150_N の検波出力は、図 17 に示す同期検波出力と同じ特性を有する。従って、マイクロコンピュータ 120 は、ローパスフィルタ 117₁, 117₂, ..., 117_N を介して入力される、検波器 150₁, 150₂, ..., 150_N の出力に基づいて、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長を合波器 110 の最小損失を与える波長となるように、図 15 に示されるフローチャートに従って半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の温度を制御する。これにより、第 14 の実施例と同様に半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長安定化を実現することができる。

【0111】図 19 は、本発明の第 16 の実施例に係る波長多重光伝送装置の構成を示している。この実施例において、図 14 の実施例と同一部分については同一符号を付し、その説明を省略する。

【0112】本実施例においては、全ての半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N のうち所定数以上、例えば半数以上を同時に同一方向（長波長側、短波長側のいずれか一方の方向）に波長をシフトとさせるようにマイクロコンピュータ 120 が判断した場合には、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長がずれたのではなく、合波器 110 の異常、つまり透過波長特性のずれが生じたと見なして、マイクロコンピュータ 120 はアラーム発生器 135 を駆動してアラームを発生させる。さらに、このような場合には、マイクロコンピュータ 120 は合波器 110 の透過波長特性を調整するように制御信号を出力する。ここで、合波器 110 の透過波長特性の調整は温度を制御することによって行う。

【0113】すなわち、図 20 のフローチャートに示されるように同期検波出力が取り込まれ、取込んだ同期検波出力が最大値であるかが判定される。この判定が YES であれば、同期検波出力取り込みのフローに戻り、NO であれば、同一方向に波長シフトすべき半導体レーザの数が所定数（N 個）以上か否か判断される。この判断が YES であれば、アラームが発せられ、NO であれば、半導体レーザ LD の温度制御が行われる。

【0114】上記のように本実施例では、マイクロコンピュータ 120 は半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長安定化のために、ローパスフィルタ 117₁, 117₂, ..., 117_N を介して入力される同期検波出力値に基づいて半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の発振波長が合波器 110 の最小損失を与える波長となるように半導体レーザ 111₁, 1

112, ..., 111_N を制御し、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N に対する発振波長制御のうちの所定数以上が同一方向の制御を必要とした場合には、合波器 110 の透過波長特性を制御する。

【0115】このように、本実施例によれば、第 14 の実施例と同様の効果を有することに加えて、合波器 110 の透過波長特性を常に一定に保つことができるので、より安定な波長制御が可能となるという効果が得られる。

【0116】図 21 は、本発明の第 17 の実施例に係る波長多重光伝送装置の構成を示す図である。この実施例において、図 14 の実施例と同一部分については同一符号を付し、その説明を省略する。

【0117】本実施例においては、図 14 の実施例の構成に加えて外気温検出装置 160 が設けられ、この外気温検出装置 160 の出力信号はマイクロコンピュータ 120 に入力される。ここで、合波器 110 の温度特性は予め分かっており、マイクロコンピュータ 120 は外気温検出装置 160 からの信号に基づき合波器 110 の温度特性を補償するように合波器 110 の発振波長を制御する。

【0118】すなわち、図 22 のフローチャートに示されるように、マイクロコンピュータ 120 は、外気温検出器 160 の外気温を取り込み、この温度が設定値内かを判断する。設定値外であれば、即ち NO であれば、合波器 110 に対して温度補償制御を行った後、半導体レーザの温度制御を行う。YES であれば、半導体レーザの温度制御を行う。半導体レーザの波長制御では、マイクロコンピュータ 120 は、同期検波出力を取り込み、取込んだ同期検波出力が最大値であるかを判断する。この判断において、取込んだ同期検波出力値が最大値でなければ、マイクロコンピュータ 120 は、図 16 に示される温度制御系を介して半導体レーザ LD の温度制御を実施し、最大値であれば、再び同期検波出力を取込む。半導体レーザの温度制御では、半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の波長安定化のために、ローパスフィルタ 117₁, 117₂, ..., 117_N を介して入力される同期検波出力値に基づいて半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N の発振波長が合波器 110 の最小損失を与える波長となるように半導体レーザ 111₁, 111₂, ..., 111_N が制御される。

【0119】従って、本実施例においても第 14 の実施例と同様の効果を有することに加えて、外気温変動に対して安定な波長制御が可能となるという効果が得られる。

【0120】図 23 は本発明の第 18 の実施例として波長多重光伝送装置に組み合せる光中継器の構成を示している。

【0121】第 14～第 17 の実施例で説明した波長多重光伝送装置から光ファイバ 100 により伝送されてきた波長多重信号は、光ファイバ増幅器 141 によって増

10

20

30

40

50

幅され、再び光ファイバ100で伝送に供される、光ファイバ増幅器141は、WDMカプラ126とエルビウム添加ファイバ110および励起用光源180、181から構成される。

【0122】光ファイバ増幅器141からの出力光（波長多重光信号）は光カプラ127により二分岐され、一部は光電変換器125に供給されて電気信号に変換される。光電変換器125の出力は増幅器109で増幅され、 n 分岐された後、バンドパスフィルタ116₁、116₂、…、116_Nに供給される。バンドパスフィルタ116₁、116₂、…、116_Nの通過中心周波数は、波長多重光伝送装置において半導体レーザ111₁、111₂、…、111_Nの波長を安定化させるために用いた交流信号の周波数 f_1 、 f_2 、…、 f_N にそれぞれ対応している。バンドパスフィルタ116₁、116₂、…、116_Nの出力はそれぞれ検波器150₁、150₂、…、150_Nで検波される。コントローラ170は、検波器150₁、150₂、…、150_Nの出力に基づき励起用光源180、181の出力パワーを制御することにより、光ファイバ増幅器141のゲインを制御する。

【0123】即ち、図24のフローチャートに示されるようにコントローラ170は検波器150₁、150₂、…、150_Nから検波出力を取り込み、各波長が設定値内にあるかを判断する。出力パワーが設定値内であれば、光ファイバ増幅器141のゲインを制御する。

【0124】このように本実施例によると、波長多重光信号として多重化されている光信号の数によらず、各波長の光信号のゲインを一定にできるので、受信装置において着信パワーが常に一定となり、安定な受信が可能になる。

【0125】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、送信波長と分波器の最小損失を与える波長との波長ずれが許容値以上になった場合に異常信号を発生するので、波長ずれによる受信感度の劣化を未然に防ぐことができる。

【0126】また、送信部において送信波長の異常を検出しているので、波長ずれによる受信感度の劣化を未然に防ぐことができる。

【0127】また、送信波長および光合分波器の透過波長特性を監視し、その波長ずれが許容値以上である場合には、送信部と受信部が互いに監視情報を交換することにより異常箇所を特定することができる。

【0128】また、受信部における信号対雑音比が最大となるように送信波長を制御しているので、常にチャネル間クロストークの抑圧された最良の受信状態を保持できる。

【0129】また、インサービス中に送信波長異常が発生してもサービスを継続できる。

【0130】本発明によれば、波長引き込み範囲が波長間隔に制限されず、波長安定化のため半導体レーザにかける変調信号の周波数に依存しない波長安定化機構を有した波長多重光伝送装置を提供できる。

【0131】また、本発明では、波長制御される各半導体レーザのうち所定数以上が同時に長波長側もしくは短波長側にシフトした場合には、波長基準である合波器の特性がずれたものと判断して、アラーム等を発生したり、あるいは合波器の波長透過特性を制御することにより波長基準を一定に保持し、より安定な波長制御を可能とすることができる。

【0132】また、本発明では、外気温検出を行って外気温変動に伴う合波器の温度特性を補償するように合波器を制御することにより、外気温の変動に対して安定な波長制御が可能となる。

【0133】さらに、本発明に係る光中継器では、波長多重光信号の多重化されている光信号のパワーを検出し、それに基づいて入力される波長多重光信号に多重化されている光信号の数に応じて光ファイバ増幅器のゲインを制御することにより、受信装置において着信パワーは多重化される光信号の数によらず一定となるため、安定な受信が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に従った波長多重光伝送装置のブロック図。

【図2】本発明の第2の実施例に従った波長多重光伝送装置の受信部のブロック図。

【図3】本発明の第3の実施例に従った波長多重光伝送装置の受信部のブロック図。

【図4】本発明の第4の実施例に従った波長多重光伝送装置のブロック図。

【図5】本発明の第5の実施例に従った波長多重光伝送装置の受信部のブロック図。

【図6】本発明の第6の実施例に従った波長多重光伝送装置の送信部のブロック図。

【図7】本発明の第7の実施例に従った波長多重光伝送装置の送信部のブロック図。

【図8】本発明の第8の実施例に従った波長多重光伝送装置のブロック図。

【図9】本発明の第9の実施例に従った波長多重光伝送装置のブロック図。

【図10】本発明の第10の実施例に従った波長多重光伝送装置のブロック図。

【図11】本発明の第11の実施例に従った波長多重光伝送装置のブロック図。

【図12】本発明の第12の実施例に従った波長多重光伝送装置に用いられる信号対雑音比測定系のブロック図。

【図13】本発明の第13の実施例に従った波長多重光伝送装置のブロック図。

【図 14】本発明の第 14 の実施例に従った波長多重光伝送装置の送信部のブロック図。

【図 15】同実施例の送信部の LD 温度制御を示すフローチャート図。

【図 16】同図の送信部の LD 温度制御系のブロック図。

【図 17】同実施例における合波器の透過特性および同期検波出力を示す図。

【図 18】本発明の第 15 の実施例に従った波長多重光伝送装置の送信部のブロック図。

【図 19】本発明の第 16 の実施例に従った波長多重光伝送装置の送信部のブロック図。

【図 20】同実施例の送信部の LD 温度制御を示すフローチャート図。

【図 21】本発明の第 17 の実施例に従った波長多重光伝送装置の送信部のブロック図。

【図 22】同実施例の送信部の LD 温度制御を示すフローチャート図。

【図 23】本発明の第 18 の実施例に従った波長多重光伝送装置の送信部のブロック図。

【図 24】同実施例の光ファイバ増幅器のゲイン制御を説明するためのフローチャート図。

【符号の説明】

10₁ ~ 10_N … 半導体レーザ

11₁ ~ 11_N … 交流信号源

12₁ ~ 12_N … 変調器 3-1, 3-2, …, 3-n : 加算器

* 13 … 合波器

21 … 分波器

22₁ ~ 22_N … 受信器

22a … 光電変換器

22b … データ再生器

22c … 受信レベル検出器

23 … 波長検出器

23a … スイッチ回路

23b … 比較器

10 23c … コントローラ

24 … アラーム発生器

25 … 分波器制御器

26 … 波長制御器

40 … 波長監視部

47 … 異常判断部

48 … アラーム発生器

110 … 合波器

111₁ ~ 111_N … 半導体レーザ

112₁ ~ 112_N … 交流電源

20 113₁ ~ 113_N … 加算器

114₁ ~ 114_N … バイパス回路

115₁ ~ 115_N … 同期検波器

116₁ ~ 116_N … バンドパスフィルタ

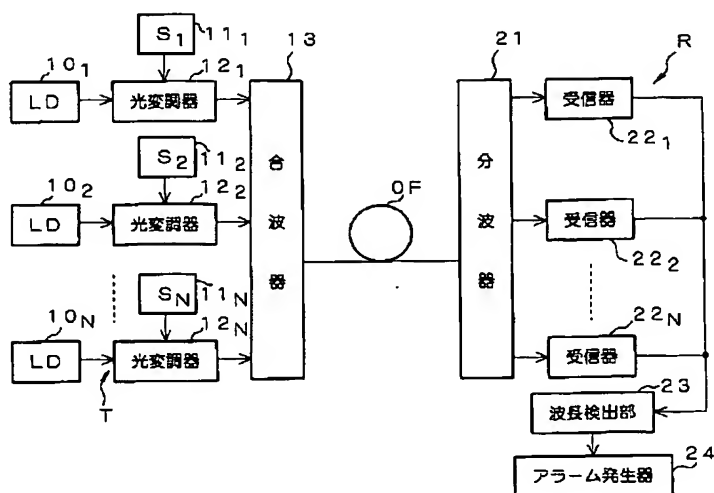
117₁ ~ 117_N … ローパスフィルタ

120 … マイクロコンピュータ

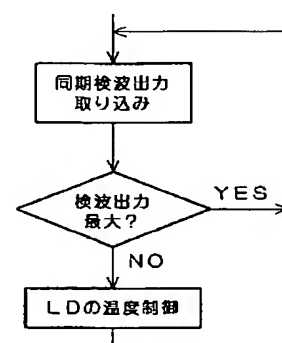
125 … 光電変換器

* 130₁ ~ 130_N … 外部変調器

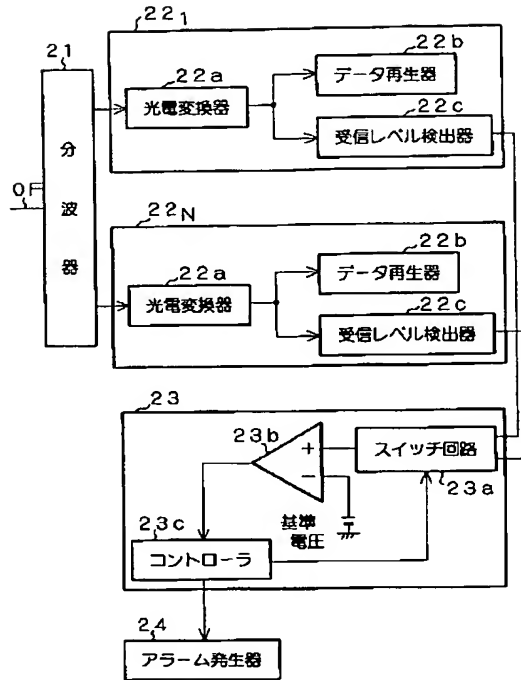
【図 1】



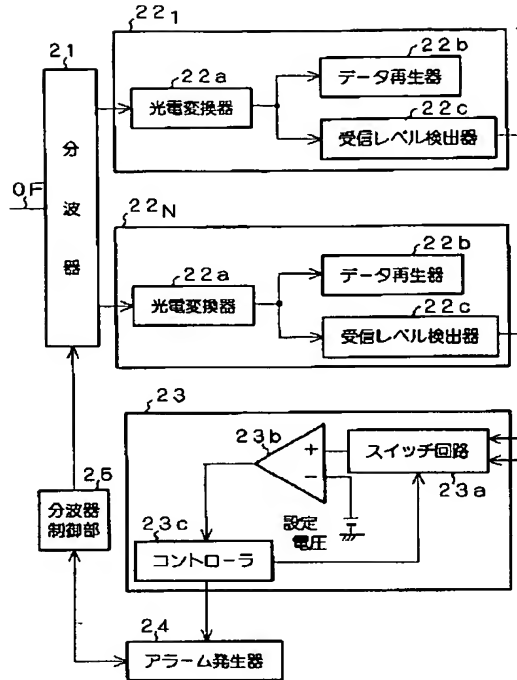
【図 15】



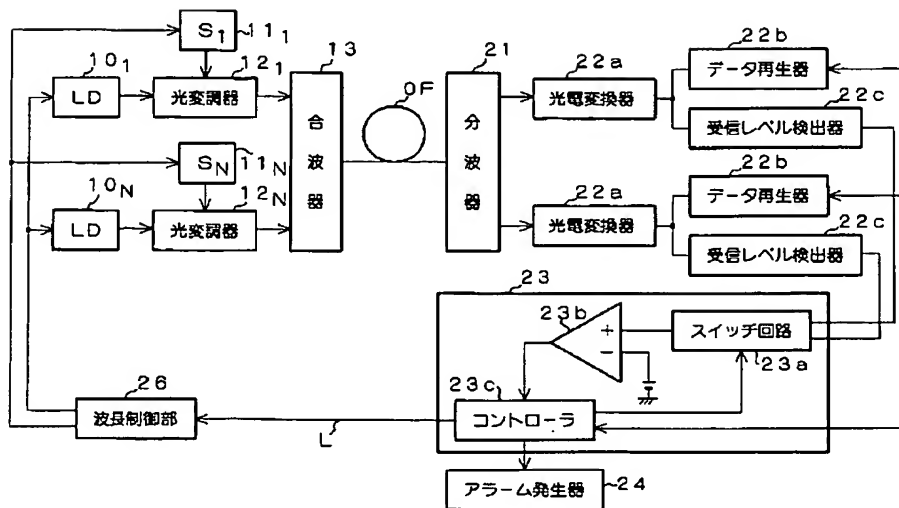
【図 2】



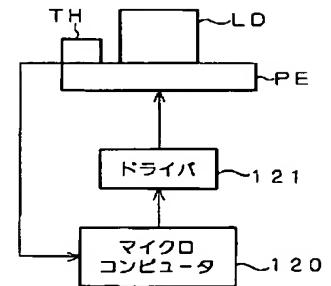
【図 3】



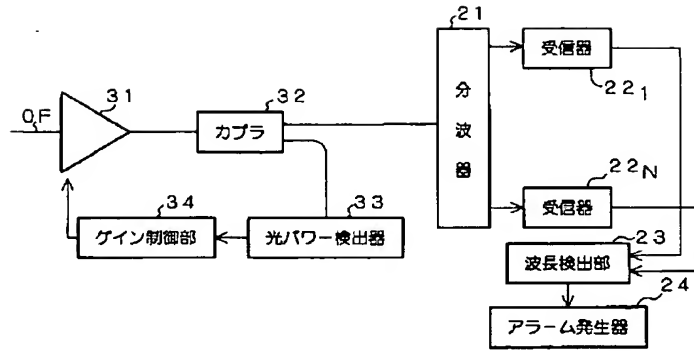
【図 4】



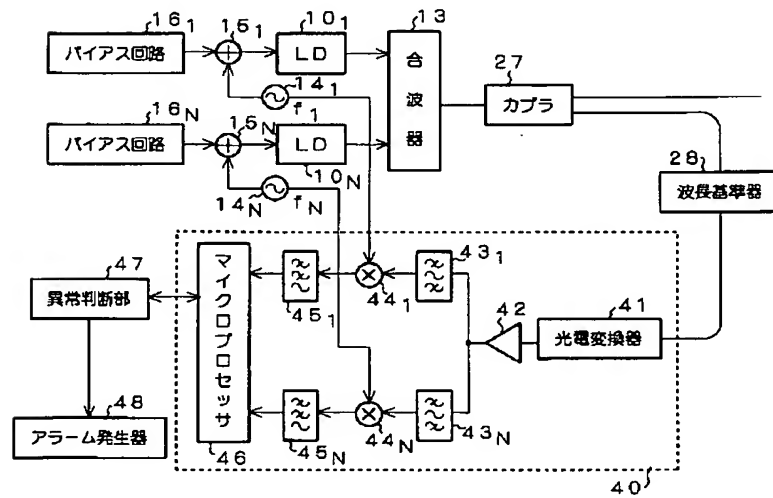
【図 16】



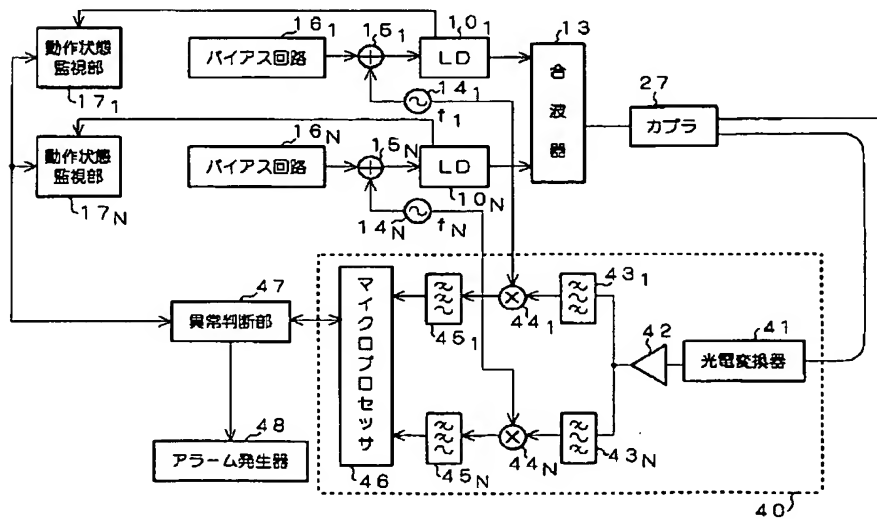
【図 5】



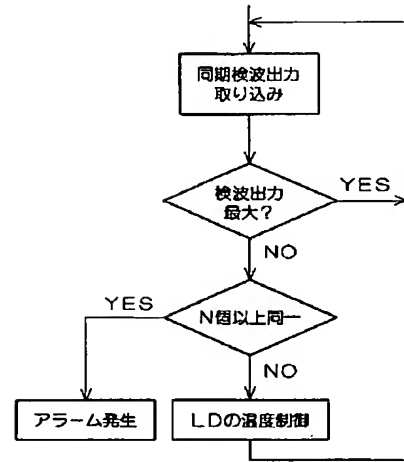
【図 6】



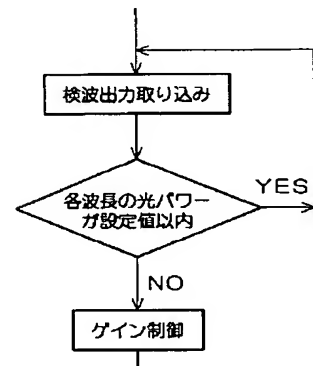
【図 7】



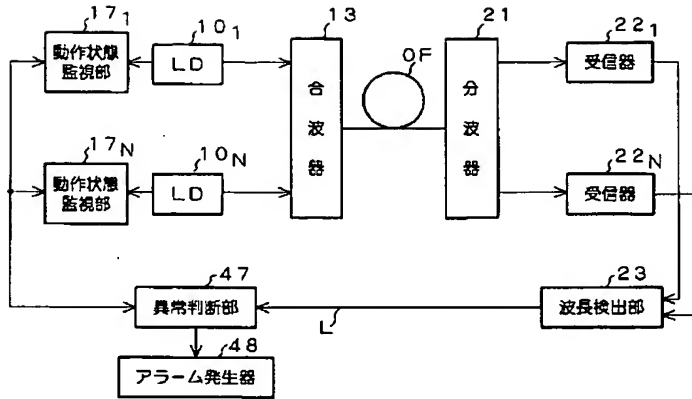
【図 20】



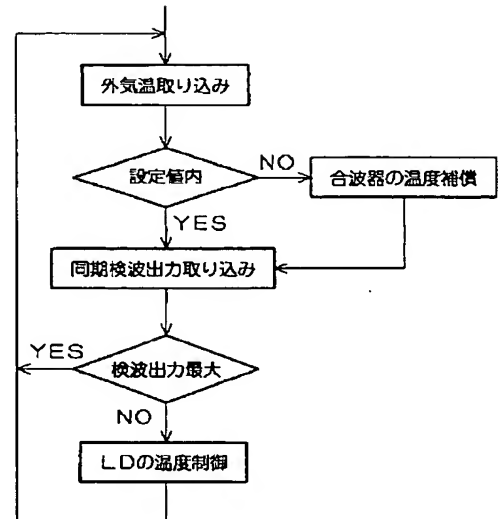
【図 24】



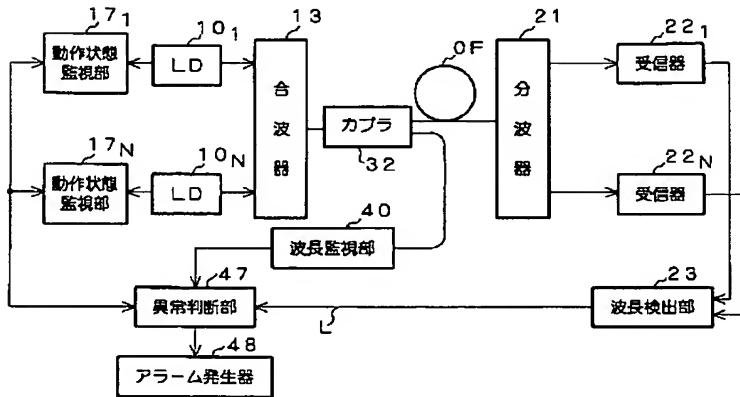
【図 8】



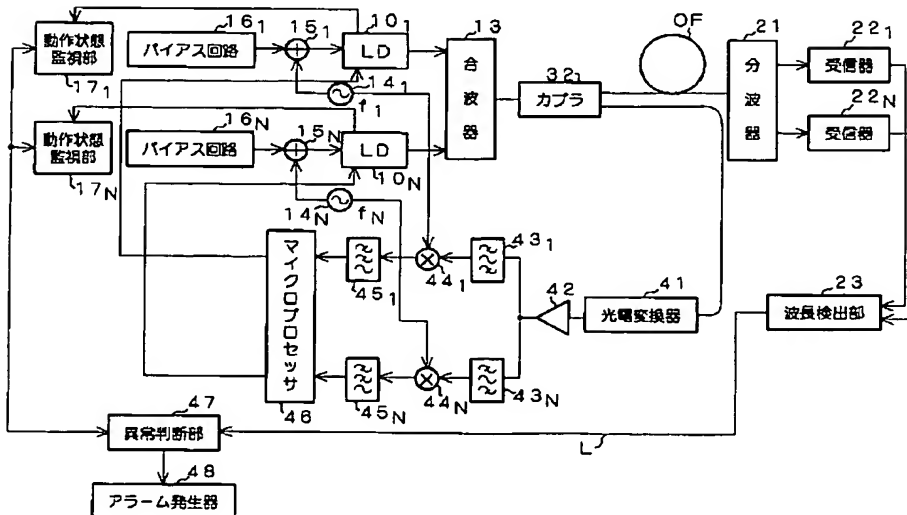
【図 22】



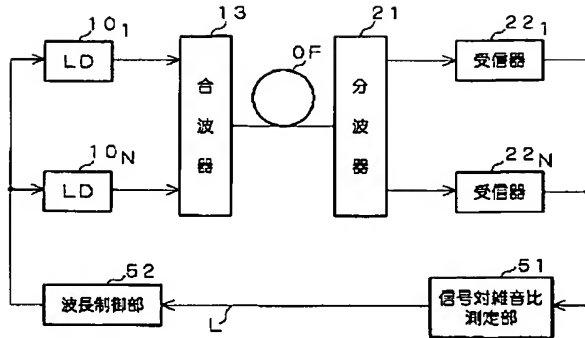
【図 9】



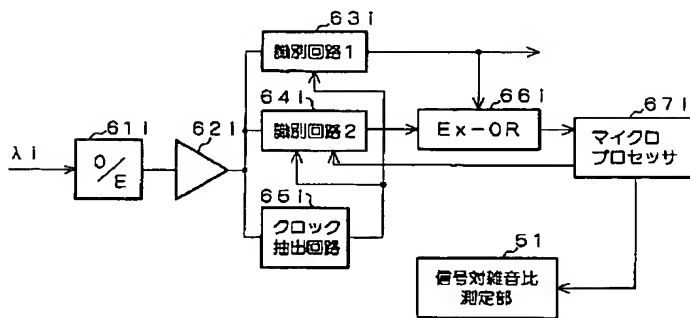
【図 10】



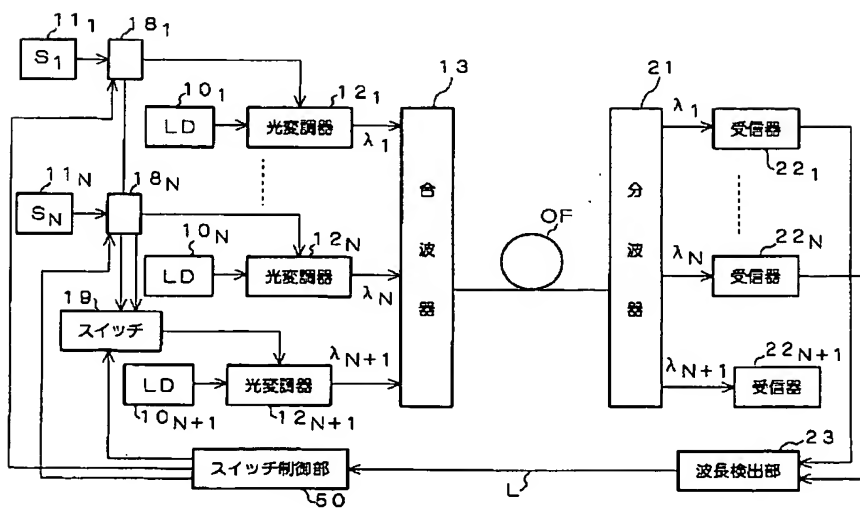
【図 11】



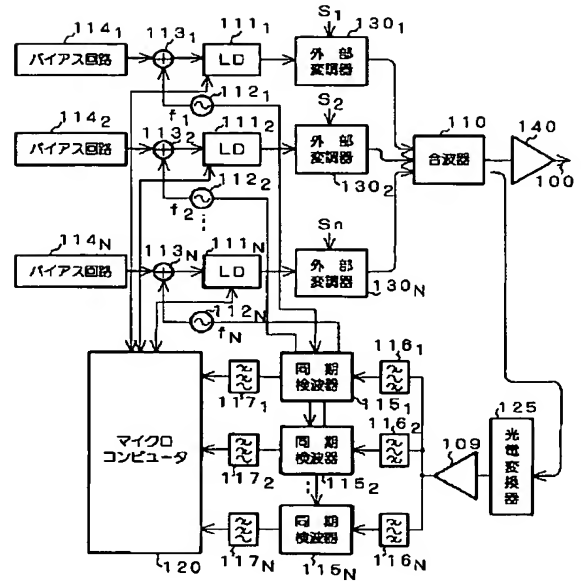
【図 12】



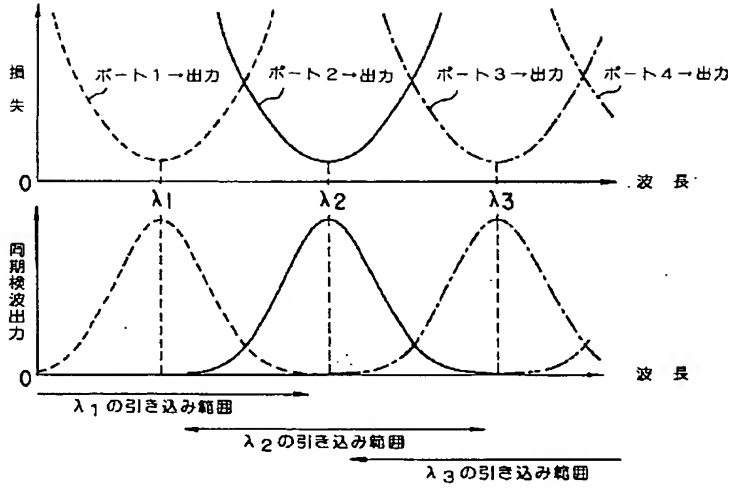
【図 13】



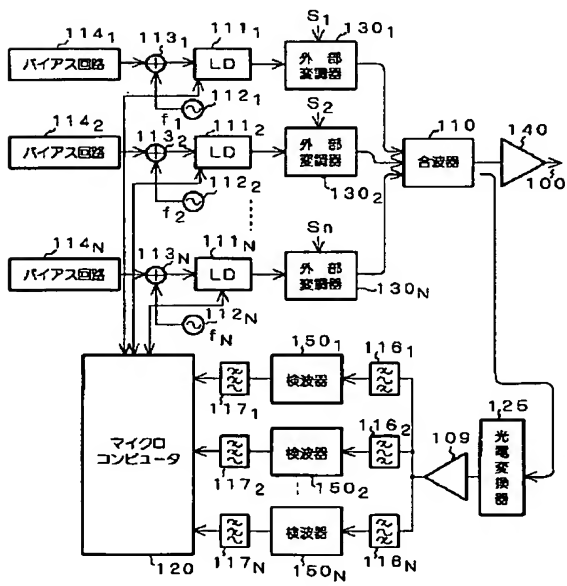
【図 14】



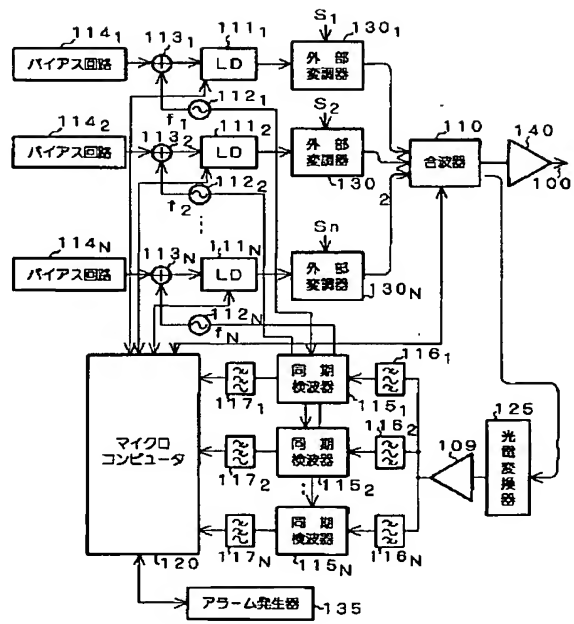
【図 17】



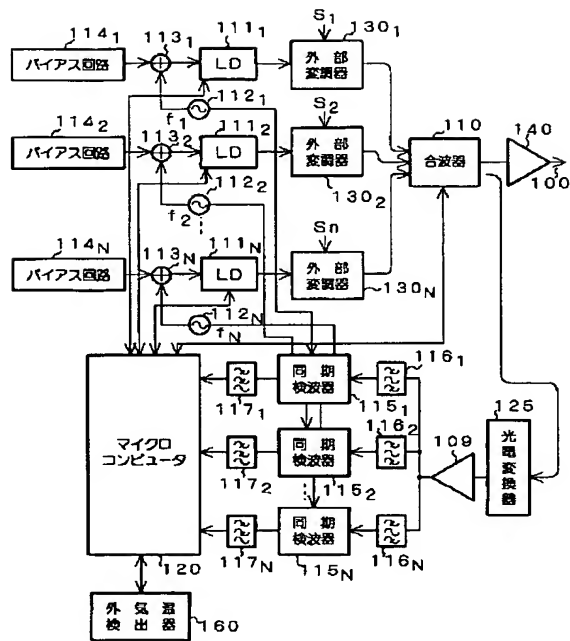
【图 18】



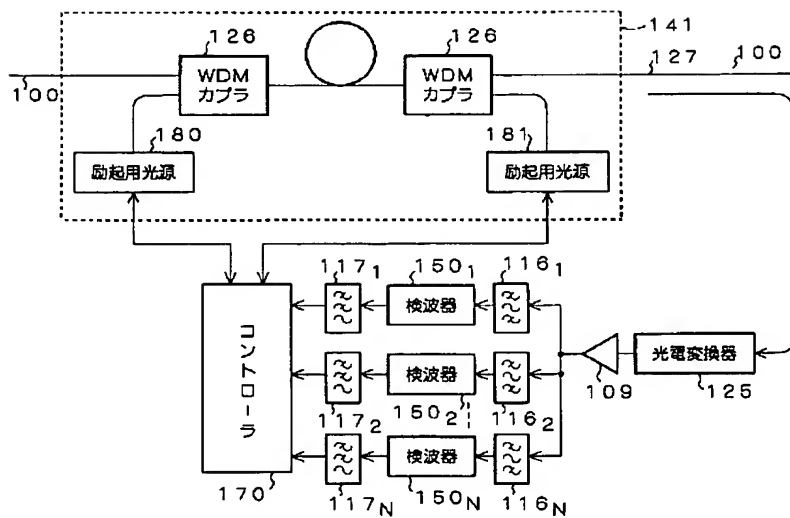
【図 19】



【図 21】



【図 23】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶
 // H01S 3/103

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所